

Attorney Docket No. 392.1716

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Tomonaga YAMAMOTO, et al.

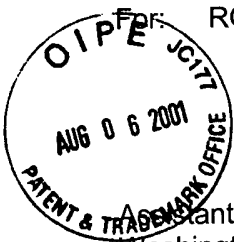
Application No.: 09/871,642

Group Art Unit:

Filed: June 4, 2001

Examiner:

For: ROTOR FOR SYNCHRONOUS MOTOR



**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2000-181190

Filed: June 16, 2000

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date:

By:

James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

700 11th Street, N.W., Ste. 500
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

Handwritten signature and number 11701

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 6月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-181190

出 願 人

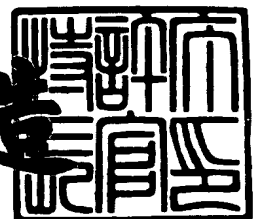
Applicant(s):

ファナック株式会社

2001年 6月13日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3055630

【書類名】 特許願
【整理番号】 20465P
【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H02K 21/14
H02K 19/02

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 山本 致良

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 前田 拓也

【特許出願人】

【識別番号】 390008235
【氏名又は名称】 ファナック株式会社
【代表者】 稲葉 清右衛門

【代理人】

【識別番号】 100082304
【弁理士】
【氏名又は名称】 竹本 松司
【電話番号】 03-3502-2578

【選任した代理人】

【識別番号】 100088351
【弁理士】
【氏名又は名称】 杉山 秀雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100093425
【弁理士】

【氏名又は名称】 湯田 浩一

【選任した代理人】

【識別番号】 100102495

【弁理士】

【氏名又は名称】 魚住 高博

【選任した代理人】

【識別番号】 100101915

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩野入 章夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015473

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9306857

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 同期電動機のロータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同期電動機のロータにおいて、ロータの 1 極分の外形形状を、双曲線関数の曲線を主体とした形状で構成したことを特徴とする同期電動機のロータ。

【請求項 2】 同期電動機のロータにおいて、ロータの 1 極分の外形形状の全部または一部を、双曲線関数の曲線で構成したことを特徴とする同期電動機のロータ。

【請求項 3】 同期電動機のロータにおいて、ロータの 1 極分の外形形状の少なくとも中央付近を、双曲線関数の曲線で構成したことを特徴とする同期電動機のロータ。

【請求項 4】 ロータの 1 極分の外形形状の中央を通りロータの中心軸に直交する線上で、ロータの中心軸若しくはある点からの距離を R 、前記線とのなす角を θ としたとき、前記双曲線関数を $R = A - B \cdot (e^{C\theta} + e^{-C\theta})$ とした (A 、 B 、 C 、は定数 e は自然対数または定数) 請求項 1 乃至 3 の内いずれか 1 項記載の同期電動機のロータ。

【請求項 5】 ロータの 1 極分の外形形状の中央を通りロータの中心軸に直交する線を X 軸、該 X 軸及びロータ中心軸と直交する線を Y 軸とし、この X 軸と Y 軸との交点を原点とした XY 座標系において、前記双曲線関数を $X = A - B (e^{CY} + e^{-CY})$ とした (A 、 B 、 C は定数、 e は自然対数または定数) 請求項 1 乃至 3 の内いずれか 1 項記載の同期電動機のロータ。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項記載の外形形状を満たす点列とその点列間を直線または曲線で結んだ形状で構成される同期電動機のロータ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、同期電動機に関し、特に同期電動機のロータ構造に関する発明である。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

同期電動機において、その発生トルクはロータの各 1 極分の外形中央部の形状とステータとのギャップで決定される。このギャップが小さいほどトルクは大きくなる。また、同期電動機のインダクタンスは、ロータの各 1 極分の外形側面部（ロータ 1 極分における外形形状における円周方向の終端部と頂点部との間の領域）の形状とステータとのギャップで決定され、ギャップが大きいほどインダクタンスは小さい。また、インダクタンスが小さくなると、高速回転時での逆起電力が小さくなり、高速回転時のトルク（出力）が増加するというメリットがある。さらに、インダクタンスが小さくなる分、省エネにもなる。

【 0 0 0 3 】

従来の同期電動機のロータは、図 7、図 8 に示すように、外形形状を円または円弧を繋げた形状としていた。図 7 は、同期電動機のロータの外形形状を円にした従来例の断面形状説明図である。ロータ表面に磁石 1 が取り付けられる、この 1 極分の外形形状は円弧で構成され、この円弧が極数分接続され外形が円を形成している。なお、符号 2 はこのロータのシャフトである。この図 7 に示す例では、ロータ外形形状は、ロータの中心軸（シャフト 2 の中心軸）を中心とした円上に各 1 極分の磁石表面形状の円弧が重なるように配置され、ロータ外形形状が円となっている。

【 0 0 0 4 】

この図 7 に示すロータを用いた同期電動機でトルクを増大させるには、各極の円弧が接続されて形成される外形の円の半径を大きくして、ステータ内周面とのギャップを小さくすることが考えられる。しかし、この方法であると各 1 極分の頂点部 a に続く外形側面部 b のギャップも小さくなりインダクタンスが増加し、同期電動機の高速でのトルク（出力）が落ちる結果となっていた。逆に、インダクタンスを小さくするためには、円弧の半径を小さくし、外形側面部 b のギャップを大きくすることが考えられるが、こうすると外形頂点部 a のギャップが大きくなりトルクが落ちる結果となっていた。

【 0 0 0 5 】

そこで、各 1 極分の外形形状 F の頂点部 a とステータ内周面間のギャップを小さくしてトルクを増大させる方法として、図 8 に示すような、1 極分の外形形状 F の円弧の中心をロータの中心からオフセットする方法がある。図 8 に示す従来例は、ロータのコア 3 内に磁石 1 が埋め込まれた例で、ロータの各 1 極分の外形形状 F は円弧をなしている。かつ、この円弧の中心はロータの中心軸からオフセットした位置にある。この中心がロータ中心よりもオフセットした位置にある 1 極分の円弧を極数分だけ接続してロータ外形形状を構成している。この図 8 に示すタイプであると、ロータの各 1 極分の外形形状 F の頂点部 a とステータの内周面とのギャップを他の外形形状部分より小さくすることができる。しかし、この方法によっても同期電動機の実出力トルクを大きくし、かつインダクタンスを小さくすることは困難である。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、本発明は、この同期電動機におけるトルクとインダクタンスの関係を改善しようとするもので、トルクを増大させ、インダクタンスを減少させることのできるロータを得ることを課題とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するために、同期電動機のロータの 1 極分の外形形状を、双曲線関数の曲線を主体とした形状で構成した。ロータの 1 極分の外形形状の全部を、双曲線関数の曲線で構成するか、その一部を双曲線関数の曲線で構成する。特に、ロータの 1 極分の外形形状の中央付近は少なからず双曲線関数の曲線で構成する。

具体的には、ロータの 1 極分の外形形状の中央を通りロータの中心軸に直交する線上で、ロータの中心軸若しくはある点からの距離を R、前記線とのなす角を θ としたとき、双曲線関数を $R = A - B \cdot (e^{C\theta} + e^{-C\theta})$ とする (A、B、C、は定数 e は自然対数または定数)。

若しくは、ロータの 1 極分の外形形状の中央を通りロータの中心軸に直交する線を X 軸、該 X 軸及びロータ中心軸と直交する線を Y 軸とし、この X 軸と Y 軸と

の交点を原点としたXY座標系において、双曲線関数を $x = A - B (e^{Cy} + e^{-C}y)$ とする (A、B、C、は定数 e は自然対数または定数)。

また上述した各外形形状を満たす点列とその点列間を直線または曲線で結んだ形状で構成する。

【0008】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明における同期電動機のロータの第1の実施形態の説明図で、ロータシャフトに対して垂直の断面図を示している。シャフト2に固着されたロータコア3内に磁石1が埋め込まれた例を示している。このロータの1極分Lの外形形状Fは双曲線関数で構成されている。この双曲線関数の曲線で形成された1極分の外形形状が極数分連接されてロータ外形形状をなしている。

【0009】

図2は、本発明の第2の実施形態のロータの断面図である。この第2の実施形態も磁石埋め込み型のロータであり、図1に示す第1の実施形態と相違する点は、1極分を形成する外形形状の一部すなわち中央付近（頂点部a及び側面部b）が双曲線関数の曲線で構成され、次の極との接続部分である終端部cは双曲線関数の曲線上にはない構成となっている。

図3は、本発明の第3の実施形態のロータの断面図である。この第3の実施形態は、シャフト2に固着されたロータコア3の外面に双曲線関数の表面曲線の磁石1を貼り付けてロータを形成するものである。

【0010】

図4は、本発明の第4の実施形態のロータの断面図である。この第4の実施形態は、ロータコア3内に磁石1を放射状に配置したもので、このロータも1極分を構成する外形形状Fが双曲線関数の曲線で構成されている。

図5は、本発明の第5の実施形態のロータの断面図である。この第5の実施形態は、同期電動機をリラクタンスモータで構成したときのロータであり、このロータにおいても、1極分の外形形状Fは双曲線関数の曲線で構成されている。

【0011】

次に、本発明における双曲線関数で構成されるロータ1極分の外形形状につい

て説明する。図 6 は、この 1 極分の外形形状の説明図である。ロータの中心軸（シャフト 2 の中心軸）を通り該中心軸と直交し、1 極分の外形形状の中央点を通る線を X 軸、該 X 軸とロータ中心線との交点を原点 O とし、該原点 O を通り X 軸及びロータ中心軸と直交する線を Y 軸とする（原点 O は X Y 座標系の原点となる）。

【 0 0 1 2 】

この 1 極分の外形形状 F の幅は、原点 O と 1 極分外形形状の周方向両端とを結ぶ線と X 軸との角度 θ が ± 22 度程度である。そして、この図 6 では、ロータの 1 極分の外形形状 F を本発明の双曲線関数の曲線 10 で構成したときと、円弧 11 で構成したとき及び $(1/\cos)$ の曲線 12 で構成したときの 3 つの線を示している。

【 0 0 1 3 】

本発明のロータ 1 極分の外形形状を表す双曲線関数の一般式は次の 1 式で表される。

$$R = A - B \cdot \cosh(C\theta) = A - B \cdot (e^{C\theta} + e^{-C\theta}) / 2 \cdots (1)$$

上記 1 式において、R は原点 O までの距離、 θ は X 軸からの回転角である。また、A は原点 O から同期電動機のステータ内周面までの距離（ステータ内周面の半径）に基づいて決められる値、B はギャップに基づいて決められる値で、ロータ 1 極分の頂点（1 極分の中間点）とステータ内周面間の距離（ギャップ）に基づいて決められる値である。また、C は、双曲線の屈曲度を定める値である。

【 0 0 1 4 】

図 6 で示す形状（円弧、 $1/\cos$ 、双曲線関数）に対して、出力トルクとインダクタンスを FEM 解析して求めた所、結果は次の通りである。

【 0 0 1 5 】

	トルク (Nm)	インダクタンス (mH)
円弧	1 1 2	1. 6 3 (+ 1 1 %)
$1/\cos$	1 1 3	1. 8 1 (+ 2 3 %)
双曲線関数	1 1 0	1. 4 7 (+ 0 %)

この解析結果から分かるように、双曲線関数の曲線 10 で 1 極分の外形形状を

構成すると、トルクは円弧 11 や $1/\cos$ の曲線 12 で形成するときと比べ僅か低下するが殆ど変わりはない。一方、インダクタンスは格段に低下している。このことは、インダクタンスが同一ならば、発生トルクを増大させることができ、また、発生トルクが同一ならば、インダクタンスを低下させることができることを意味する。さらに、従来の円弧で外形形状を形成する場合と比較し、発生トルクを増大させ、インダクタンスも低下させることのできる同期電動機を、この双曲線関数の曲線で各 1 極分の外形形状を構成することによって得ることができることを意味している。

【 0 0 1 6 】

図 6 によると、1 極分の外形形状における符号 a で示す頂点部は、どの曲線も同一であり差異は格別ない。しかし、この頂点部 a に続く外形側面部 b（ロータ 1 極分における周方向で頂点部 a に続く部分）では、双曲線関数の曲線 10 は円弧 11 より内側（原点側）で、その分ステータ内周面とのギャップを大きくしている。その結果、各 1 極分の外形形状を円弧 11 で形成した従来例の場合と、本発明の双曲線関数の曲線 10 で形成した場合を比較し、出力トルクが同一で（中央部が同一でギャップに格別差異がない）、インダクタンスを格段に低下させているものと推定される。

【 0 0 1 7 】

また、 $1/\cos$ の曲線 12 で外形形状を形成した場合には外形側面部 b が、円弧 11 よりも外側になっていることから、インダクタンスが増加しているものと推定される。

【 0 0 1 8 】

ロータの各 1 極分の外形形状として、中央部（頂点部 a とそれに続く側面部 b）は、トルクとインダクタンスの関係で、その形状が重要であるが、1 極分と次の 1 極分の接合部分である、1 極分を構成するロータ周方向の終端部 c は、ロータの特性として格別重要性はないことから、双曲線関数の曲線で構成しなくてもよく、または、トルクやインダクタンスに影響を与えない範囲で、任意の形状としてもよい。この例が図 2 ～ 図 5 に示す第 2 ～ 第 5 の実施形態である。

【 0 0 1 9 】

以上の通り、ロータの各 1 極分の外形形状を双曲線関数の曲線で構成することにより、高トルクで低インダクタンスの同期電動機を得ることができる。この双曲線関数を特定する上述した定数 A、B、C は、実験等によって最適値を得るようになればよいが、定数 A は、上述したようにステータ内周面の半径に基づいて決めればよく（上記実験例では $A = \text{ステータ内周面の半径}$ とした）、定数 B はギャップに基づいて決めればよい（上記実験例では $B = \text{ギャップ} / 2$ とした）。また定数 C は、双曲線関数の曲線の曲がり状態を決めるものであり、上述したように、終端部 c を除いた頂点部 a 及び側面部 b の形状を特定するものである。頂点部 a は、円弧 1 1 とほぼ同じ線上にあり、外形側面部 b では、円弧 1 1 よりも内側になるようにするものである。この内側になる度合いはこの定数 C によって決まる。そこで、実験を行って、または、複数の実験とその実験結果に基づいてシミュレーション等を行い、トルクが大きくインダクタンスが小さくなる最適値を得るようにこの定数 C の値を求める。

【 0 0 2 0 】

また双曲線関数として、図 6 に示した X Y 座標系に基づいて、次の 2 式によって双曲線関数による各 1 極分の外形形状の曲線を求めてもよい。

【 0 0 2 1 】

$$X = A + B (e^{CY} + e^{-CY}) \dots \dots \dots (2)$$

なお、この 2 式で示す双曲線関数の A、B、C は定数であり（1 式における A、B、C とは異なる値）、A はステータ内周面の半径、B はギャップに基づいて求められ、C は外形形状の曲線の曲がり度合い、すなわち、頂点部 a に続く側面部 b の状態を最適値にするものとして求められる点は 1 式と同じである。

【 0 0 2 2 】

また、最適の双曲線関数を得て、ロータの各 1 極分の外形形状を加工する際には、この双曲線関数で得られた点列を直線若しくは曲線で結ぶ形状を加工することによって得る。

【 0 0 2 3 】

【発明の効果】

同期電動機のロータとして、本発明のロータ構造のロータを用いることによっ

て、従来のロータを用いた同期電動機と比べ、出力トルクが同じであれば、インダクタンスを小さくすることができ、インダクタンスを同じとすれば、出力トルクを増大させることができる。特に、インダクタンスが小さくなれば、同期電動機の制御性がよくなり、かつ省エネルギーともなる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態におけるロータの断面図である。

【図 2】

本発明の第 2 の実施形態におけるロータの断面図である。

【図 3】

本発明の第 3 の実施形態におけるロータの断面図である。

【図 4】

本発明の第 4 の実施形態におけるロータの断面図である。

【図 5】

本発明の第 5 の実施形態におけるロータの断面図である。

【図 6】

ロータ 1 極分の外形形状の説明図である。

【図 7】

従来の同期電動機のロータ外形が円で構成されているロータ形状の説明図である。

【図 8】

従来の同期電動機のロータ各 1 極分の外形形状をロータ中心からオフセットした点を中心とした円弧で形成したロータの従来例の説明図である。

【符号の説明】

- 1 磁石
- 2 シャフト
- 3 ロータコア
- L ロータの 1 極分
- a 頂点部

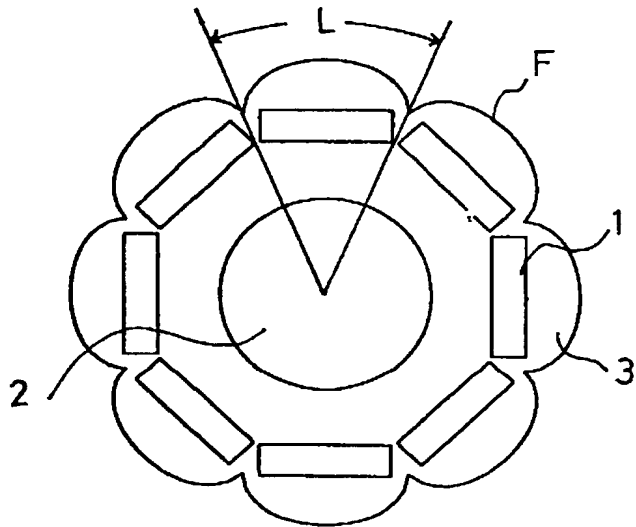
特 2 0 0 0 - 1 8 1 1 9 0

b 側面部

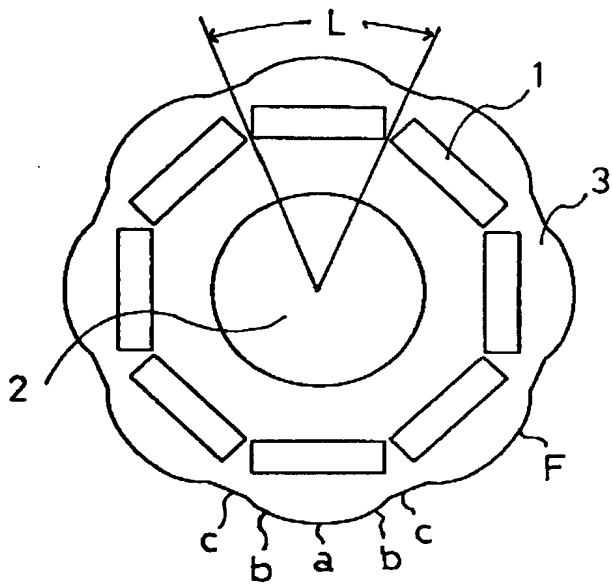
c 終端部

【書類名】 図面

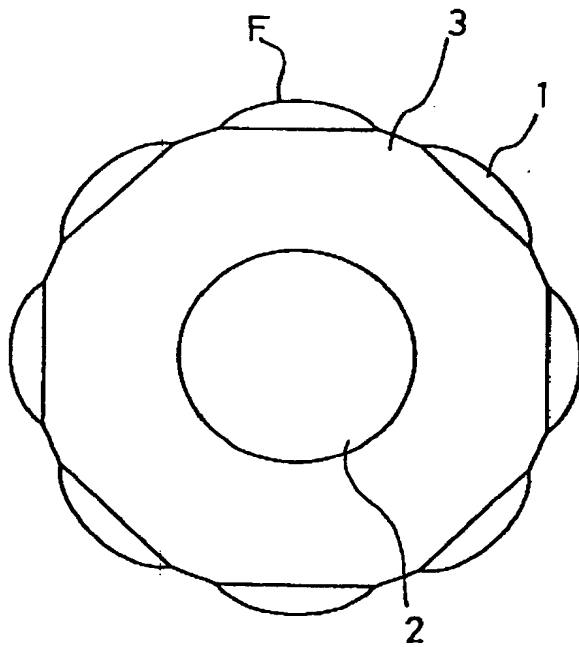
【図 1】



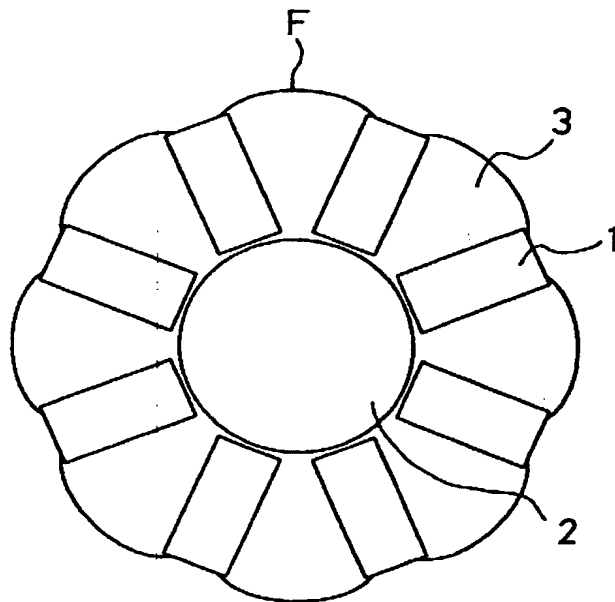
【図 2】



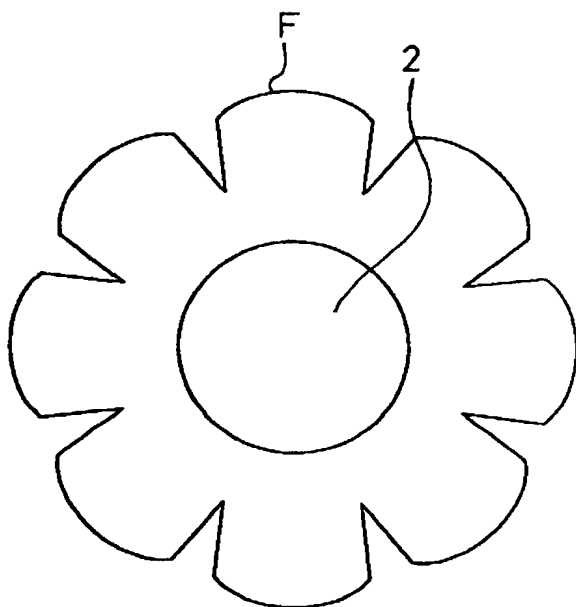
【図 3】



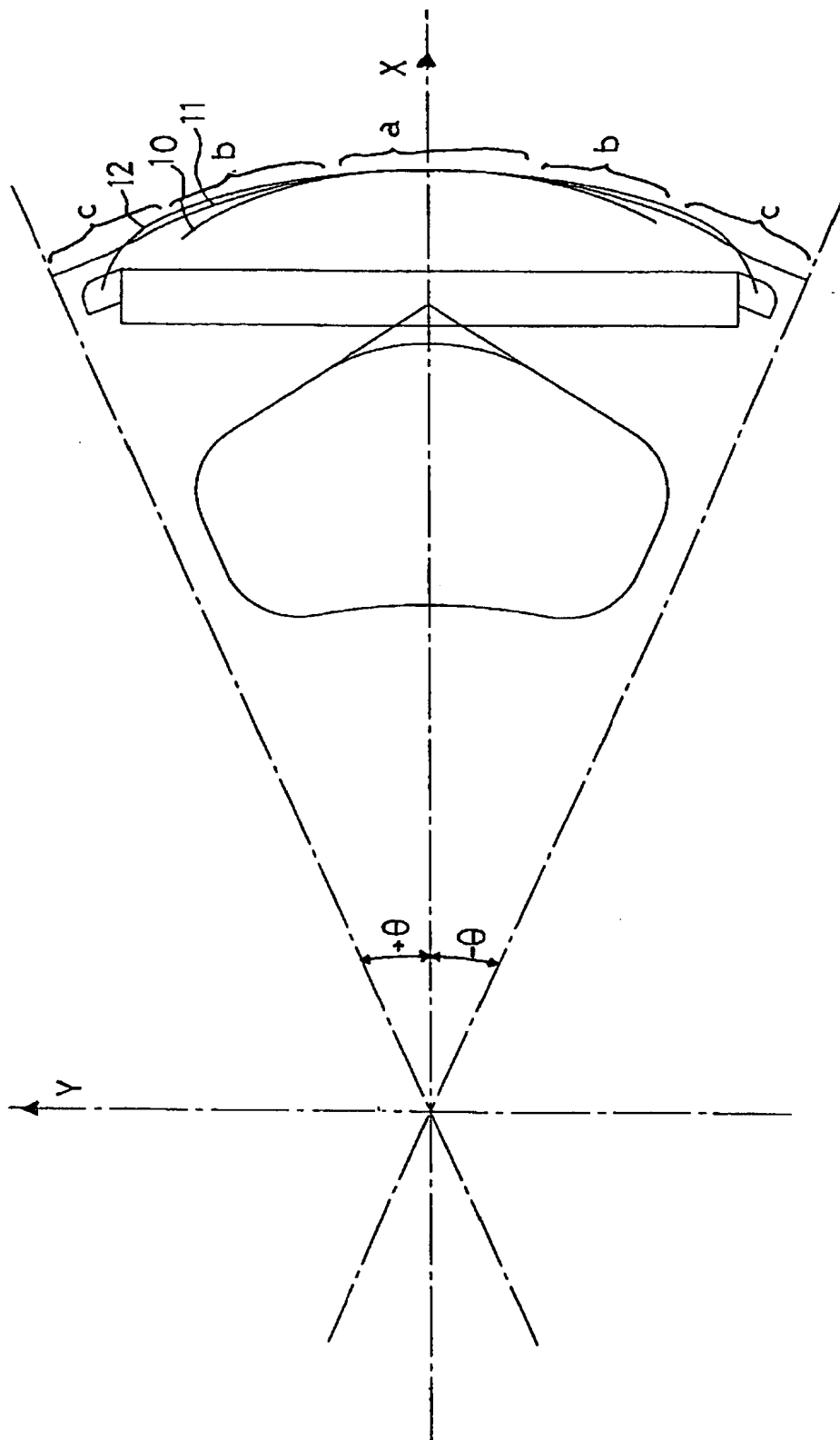
【図 4】



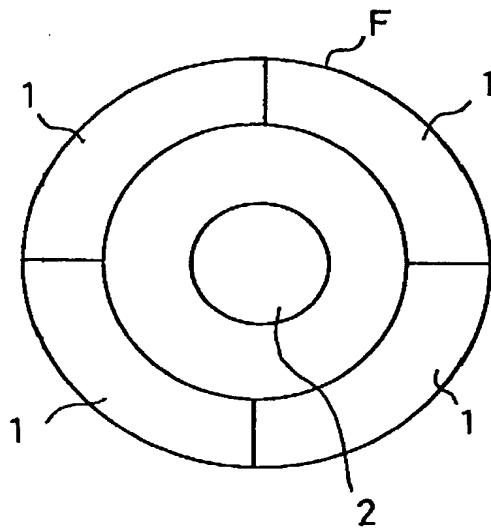
【図 5】



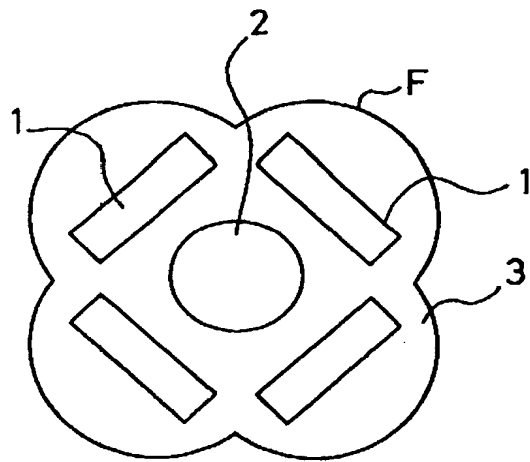
【図6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 同期電動機の出カトルクを大きくしインダクタンスを小さくできるロータを提供する。

【解決手段】 同期電動機のロータの各 1 極分 L の外形形状 F を双曲線関数の曲線で構成する。各 1 極分の頂点部 a は従来の円弧で形成した外形形状と概略同じであることから、このロータで同期電動機を構成したときに出力トルクの低下はない。一方、この頂点部 a に続く側面部 b は、従来の円弧で形成した外形形状よりも内側（中心側）になることから、ギャップが大きくなり、インダクタンスを小さくすることができる。

【選択図】 図 2

特 2 0 0 0 - 1 8 1 1 9 0

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 1 8 1 1 9 0
受付番号	5 0 0 0 0 7 5 2 0 1 5
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 2 年 6 月 1 9 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 6月16日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [390008235]

1. 変更年月日 1990年10月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
氏 名 ファナック株式会社